

“十二五”国家重点图书出版规划项目



微纳制造的基础研究学术著作丛书

M i c r o N a n o M a n u f a c t u r i n g

# 柔性电子制造：材料、器件与工艺

尹周平 黄永安 编著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
国家科学技术学术著作出版基金资助出版  
微纳制造的基础研究学术著作丛书

# 柔性电子制造：材料、 器件与工艺

尹周平 黄永安



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书针对柔性显示、能源、传感等新型电子器件高效高精制造需求,从材料、器件与工艺等方面系统介绍了柔性电子制造的前沿研究领域及其进展,主要内容包括:柔性电子的功能材料、柔性功能器件、柔性电子力学与表征、薄膜沉积与器件封装、微纳图案化工艺、卷到卷制造系统以及柔性电子技术应用与展望。

本书对电子器件设计与制造、MEMS 与微纳制造、光机电一体化等领域的科研和工程人员具有重要的参考价值,同时适合作为机械制造、电子信息、材料、物理、化学等高等院校相关专业的研究生教材或参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

柔性电子制造:材料、器件与工艺/尹周平,黄永安编著. —北京:科学出版社,2016.1

(微纳制造的基础研究学术著作丛书)

ISBN 978-7-03-043098-4

I. ①柔… II. ①尹… ②黄… III. ①电子器件-制作 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 016035 号

责任编辑:刘宝莉 孙伯元 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:左 讯

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 1 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016 年 1 月第一次印刷 印张:25 3/4

字数:499 000

定价:150.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《微纳制造的基础研究学术著作丛书》编委会

顾 问： 姚建年、解思深、熊有伦、钟掘、温诗铸、李同保、田中群

主 编： 卢秉恒

副主编： 王国彪、雒建斌、黎明

编 委：(按姓氏笔画排序)

丁 汉(华中科技大学)

丁玉成(西安交通大学)

刘 冲(大连理工大学)

刘 明(中国科学院微电子研究所)

孙立宁(苏州大学)

孙洪波(吉林大学)

朱 荻(南京航空航天大学)

张其清(中国医学科学院)

李圣怡(国防科学技术大学)

李志宏(北京大学)

苑伟政(西北工业大学)

姜 澜(北京理工大学)

段吉安(中南大学)

夏善红(中国科学院电子学研究所)

郭东明(大连理工大学)

顾长志(中国科学院物理研究所)

崔 铮(中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所)

黄文浩(中国科学技术大学)

董 申(哈尔滨工业大学)

蒋庄德(西安交通大学)

## 《微纳制造的基础研究学术著作丛书》序

随着人们认识世界尺度的微观化,制造领域面临着面向极小化的挑战,其基础研究正经历着从可视的厘米、毫米尺度向基于分子、原子的纳米制造技术过渡。纳米制造科学是支撑纳米科技走向应用的基础。国家自然科学基金委员会(以下简称基金委)重大研究计划项目“纳米制造的基础研究”瞄准学科发展前沿、面向国家发展的重大战略需求,针对纳米精度制造、纳米尺度制造和跨尺度制造中的基础科学问题,探索制造过程由宏观进入微观时,能量、运动与物质结构和性能间的作用机理与转换规律,建立纳米制造理论基础及工艺与装备原理。重点研究范围包括基于物理/化学/生物等原理的纳米尺度制造、宏观结构的纳米精度制造、纳/微/宏(跨尺度)制造、纳米制造精度与测量、纳米制造装备新原理等。本重大研究计划旨在通过机械学、物理学、化学、生物学、材料科学、信息科学等相关学科的交叉与融合,探讨基于物理/化学/生物等原理的纳米制造新方法与新工艺,揭示纳米尺度与纳米精度下加工、成形、改性和跨尺度制造中的尺度效应、表面/界面效应等,阐明物质结构演变机理与器件的功能形成规律,建立纳米制造过程的精确表征与计量方法,发展若干原创性的纳米制造工艺与装备原理,为实现纳米制造提供坚实的理论基础,并致力提升我国纳米制造的源头创新能力。正如姚建年院士指出的那样:该重大研究计划意义重大,通过原始创新性研究,旨在推动机械工程学科在基础性、前沿性等方面不断进展,在国际上取得重要地位,在某一领域形成中国学派。同时,他强调了纳米制造研究内容的创新性、学科交叉性、项目实施的计划性等,并期望在基础研究领域产生重大突破,取得重大成果。


《微纳制造的基础研究学术著作丛书》是科学出版社依托基金委“纳米制造的基础研究”重大研究计划项目,经过反复论证之后组织、出版的系列学术著作。该丛书力争起点高、内容新、导向性强,体现科学出版社“三高三严”的优良作风。丛书作者都曾主持过重大研究计划“纳米制造的基础研究”项目或国家自然科学基金其他相关项目,反映该研究中的前沿技术,汇集纳米制造方面的研究成果,形成独特的研究思路和方法体系,积累丰富的经验,具有创新性、实用性和针对性。

《微纳制造的基础研究学术著作丛书》涉及近几年来我国围绕纳米制造科学的国际前沿、国家重大制造工程中所遇到的基础研究难题等方面所取得的主要创新研究成果,包括表面纳米锥的无掩模制造及光电特性,光刻物镜光学零件纳米精度制造基础研究,铜互联层表面的约束刻蚀化学平坦化新方法,大尺度下深纹纳米结构制造方法与机理表征,基于为加工技术的微纳集成制造原理及方法研究,微纳流

控系统跨尺度兼容一体化集成制造基础研究,微/纳光学阵列元件的约束刻蚀剂层加工技术与系统的基础研究,等等。

毫米制造技术的应用,带动了蒸汽工业革命,推动了英国的振兴;微米制造技术的发展,带来了信息工业革命,带领美国的崛起;纳米制造技术也必将引领第三次工业革命的浪潮,我国的纳米制造业若能把握住历史的机遇,必将屹立于浪潮之巅,为实现中华民族的伟大复兴贡献出强劲的力量。

作为基金委重大研究计划项目“纳米制造的基础研究”的指导专家组组长,我深信《微纳制造的基础研究学术著作丛书》的及时出版,必将推动我国纳米制造学科的深入发展,在难题攻克、人才培养、技术推动等方面发挥显著作用。同时,希望广大读者提出建议和指导,以促进丛书的出版工作。



2013年10月28日

## 序

集成电路(integrated circuit, IC)制造业是信息技术(information technology, IT)产业的核心和基石,是计算机、网络、通信、自动控制以及高技术武器等众多领域现代化产品赖以发展的基础,是事关国家经济发展、国防建设与信息现代化的基础性、战略性产业。近半个世纪以来,IC技术一直遵循着摩尔定律(Moore's Law)(每18个月集成度提高1倍)高速发展,支撑集成电路密度不断提高的关键制造技术是晶圆上能够制作的晶体管最小特征尺寸不断减小,器件密度的提高带来了电路性能的改善和单位成本的降低。随着晶体管特征尺寸逐渐接近极限,近年来从功能集成的角度提出超越摩尔定律(more-than-Moore),以系统芯片(system on chip, SoC)、系统封装(system in Package, SiP)等方式继续推进电子技术快速发展,应用领域从信息处理扩展到生物传感、人机交互等。

柔性电子(flexible electronics)以大面积、可变形、便携性和多功能集成为主要特征,在信息、能源、医疗、国防等领域具有广泛应用前景,正在并将创造出许多前所未有的新型器件,如可卷曲放入笔筒的显示器、可根据焦距自动调节的人造柔性视网膜、可植入人体的可降解电子器件以及可随身携带的电子纹身等。目前,柔性电子技术正处于从实验室走向工业化应用的关键阶段,将给电子信息产业带来革命性变化。这对柔性电子制造技术提出迫切需求和严峻挑战。由于成本过高、工艺过程复杂、与有机材料不兼容等原因,传统微电子采用的光刻、电子束和离子束刻蚀等硅基制造工艺无法满足柔性电子工业化应用所需的大批量、大面积、低成本制造要求。亟须研究全新的柔性电子制造工艺、技术和装备。

柔性电子制造是国际学术和工业界研究的热点,国内外至今还没有较为系统地阐述柔性电子制造的相关著作。该书围绕柔性电子制造关键技术,涵盖了柔性电子制造中涉及的材料、结构和工艺等基础知识,对制造过程的基本科学问题和关键应用技术进行系统深入讨论,系统地反映了本领域的最新研究进展。该书的出版对于揭示柔性电子器件跨尺度制造中的基本科学规律、提升我国电子制造和微纳制造基础研究水平、促进机械/化学/材料/电子等多学科交叉研究等均具有重要意义。

该书作者及其团队长期从事电子制造技术与装备的科研工作,主持和承担了我国电子制造领域首个973计划项目、国家自然科学基金的柔性电子制造重点项目等多项国家级重大项目,在该领域权威期刊上发表了一系列高水平学术论文,研

发的 RFID 标签制造装备获得国家技术发明奖二等奖,对我国柔性电子制造研究做出了开拓性贡献。

作为我国柔性电子制造领域的首部著作,我希望并相信该书的出版对于我国柔性电子制造这一新兴学科及技术的发展将产生积极的推动作用。

A handwritten signature in black ink, reading '熊佑俊' (Xie Youjun). The characters are written in a cursive, expressive style.

2014年11月



## 前 言

柔性电子是将有机/无机薄膜电子器件制作在柔性塑料或薄金属基板上的新兴电子技术,因其独特的柔性/延展性以及高效、低成本制造工艺,在信息、能源、医疗、国防等领域具有广泛应用前景,如柔性显示器、印刷 RFID、有机发光二极管 OLED、薄膜太阳能电池和柔性 X 射线仪等。柔性电子技术已经并将开辟出许多创新的电子产品应用领域,从而带来一场电子技术革命。*Science* 将有机电子技术进展列为 2000 年世界十大科技成果之一,与人类基因组草图、生物克隆技术等重大发现并列。柔性电子被美国、欧盟、日本、韩国等列为重点支持领域。英国 2010 年公布的新经济发展战略“建设英国的未来”中,将柔性电子作为其先进制造领域的首要发展方向;韩国制定了“韩国绿色 IT 国家战略”,2010 年投资 720 亿美元发展 OLED;日本 2011 年成立先进印刷电子技术研发联盟,重点发展印刷及薄膜技术;美国 2012 年的总统报告中,将柔性电子作为先进制造 11 个优先发展方向之一。我国政府高度关注和重视柔性电子技术的研究,国家自然科学基金“十三五”规划将柔性电子制造列为微纳制造的主要发展方向之一。

柔性电子需要在任意形状、柔性衬底上实现纳米特征-微纳结构-宏观器件大面积集成,涉及聚合物、金属、非金属、纳米材料等机电特性迥异材料的功能界面精确形成,对其制造技术提出了极大挑战。柔性电子制造过程通常包括:纳米聚合物材料制备→纳米薄膜沉积→微纳结构图案化→大面积互连封装,其关键是如何实现不同尺寸/材质的结构、器件和系统的跨尺度制造。传统微纳电子采用光刻、电子束和离子束刻蚀等硅基制造工艺实现微纳器件结自上而下微纳复合加工,由于其高昂的制造成本和对环境的苛刻要求很难满足柔性电子大面积、批量化、低成本制造要求。在纳米级薄膜制备、大面积微纳结构图案化、柔性电子器件高可靠封装等柔性电子制造关键技术方面,需要研究全新的制造原理、工艺与装备。

近年来,电子信息技术研究及应用发展迅猛,陆续出现了宏电子(macroelectronics)、塑料电子(plastic electronics)、印刷电子(printed electronics)、有机电子(organic electronics)、聚合体电子(polymer electronics)等与柔性电子相关的新型电子器件,其科学内涵、关键技术和应用领域相互交叉又不尽相同,亟待进一步研究、厘清和明确。柔性电子技术与产业发展同样遵循“一代材料、一代器件、一代工艺”的规律,正如硅基材料、固态电子和光刻技术是微电子赖以生存和发展的基石,柔性基材、有机电子和溶液化工艺将在柔性电子中发挥越来越重要的作用。

本书针对以上特点,从柔性电子器件的材料、器件、力学、工艺、制造和应用等

方面进行系统叙述,力图全面展现柔性电子制造关键技术的研究现状和最新进展。本书共8章,第1章介绍了柔性电子技术的发展历程,阐述了柔性电子器件基本结构,提出了柔性电子制造关键技术及其挑战。第2~4章分别从材料、器件、结构等方面介绍了柔性电子的基本概念和特有性质,为阐述和理解柔性电子制造技术奠定基础;第2章介绍了柔性电子中常用的功能材料及其应用,特别强调溶液化电子功能材料;第3章介绍了柔性功能器件,包括薄膜晶体管、柔性传感器、柔性太阳能电池等;第4章介绍了柔性电子变形能力设计及检测表征方法,是不同于微电子设计的重要内容。第5~7章重点论述薄膜沉积、微纳结构图案化、卷到卷集成等柔性电子制造关键技术;第5章介绍了柔性电子薄膜沉积与封装工艺,重点论述了在柔性电子中的具有重要应用潜力的ALD工艺和OLED封装要求与检测方法;第6章介绍了微纳图案化工艺,重点阐述了低温溶液化工艺与在柔性电子制造中的应用;第7章立足于柔性电子大规模制造需求,介绍了卷到卷制造原理、关键技术及典型应用。第8章列举了柔性电子的部分重要应用领域及其最新进展。

考虑到柔性电子技术本身的多学科交叉特点以及读者不同的学科背景。本书各章以阐述柔性电子材料、器件与工艺的基本原理为主,辅以大量的研究进展与应用实例,尽可能介绍柔性电子的学术前沿和发展趋势。本书对电子器件设计与制造、微纳制造、光机电一体化等领域的科研和工程人员具有重要的参考价值,同时适合作为机械制造、电子信息、材料、物理、化学等高等院校相关专业的研究生教材或参考书。

作者衷心感谢各位学术前辈、师长和同事们的支持和帮助,特别是熊有伦院士、丁汉院士、雒建斌院士多年来的关心和指导。本书在撰写过程中得到谈发堂博士、陈建魁博士、彭波博士、布宁斌博士以及博士生王小梅、刘慧敏、马亮、段永青、唐伟、潘艳桥、董文涛、丁亚江等的帮助,在此对他们表示感谢。感谢国家自然科学基金项目(51035002、51322507、51175209)、国家973计划项目(2009CB724204)等多年来对相关研究工作的支持。特别感谢国家科学技术学术著作出版基金对本书出版的资助!

柔性电子制造涉及机械、电子、材料、物理、化学等多学科交叉,由于作者专业局限和水平限制,本书难免存在不足之处,希望相关领域专家和读者批评指正。

# 目 录

《微纳制造的基础研究学术著作丛书》序

序

前言

第 1 章 柔性电子技术概述	1
1.1 引言	1
1.2 柔性电子的发展历程	5
1.3 柔性电子器件基本结构	7
1.3.1 电子元件	8
1.3.2 柔性基板	9
1.3.3 互联导体	10
1.3.4 密封层	11
1.4 柔性电子制造关键技术	12
1.4.1 多功能电子材料	12
1.4.2 低成本制造工艺	13
1.4.3 电子器件可靠性	15
1.5 柔性电子制造的挑战	17
参考文献	18
第 2 章 柔性电子的功能材料	22
2.1 柔性电子的材料要求	22
2.2 材料的选择与制备	24
2.3 柔性电子绝缘材料	28
2.3.1 绝缘性	29
2.3.2 介电性	30
2.3.3 电击穿	32
2.3.4 电场极化	33
2.4 柔性电子半导体材料	34
2.4.1 硅半导体	35
2.4.2 金属氧化物半导体	36
2.4.3 有机聚合物半导体	39

2.5	柔性电子导体材料	43
2.5.1	金属导体	43
2.5.2	聚合物导体	44
2.5.3	纳米材料导体	50
2.6	柔性电子基板材料	52
2.7	电致发光材料	56
2.8	光伏材料	58
2.8.1	光伏发电原理	58
2.8.2	电子给体材料与受体材料	59
2.8.3	光伏器件结构	63
	参考文献	67
<b>第3章</b>	<b>柔性功能器件</b>	<b>76</b>
3.1	薄膜晶体管	76
3.1.1	晶体管结构形式	78
3.1.2	晶体管工作原理	83
3.1.3	有机/无机晶体管	89
3.1.4	晶体管性能表征	93
3.2	柔性传感器	99
3.2.1	半导体传感器	101
3.2.2	应变式传感器	107
3.2.3	光传感器	109
3.2.4	物理化学传感器	113
3.2.5	电容传感器	114
3.2.6	压电传感器	119
3.3	柔性太阳能电池	121
3.3.1	肖特基型太阳能电池	121
3.3.2	pn 异质结太阳能电池	122
3.3.3	染料敏化太阳能电池	124
3.3.4	有机/聚合物电池	126
	参考文献	129
<b>第4章</b>	<b>柔性电子多层膜结构力学与表征</b>	<b>134</b>
4.1	引言	134
4.2	薄膜-基板结构	134
4.2.1	膜-基结构概述	134
4.2.2	薄膜应力来源	135

4.2.3 大变形结构设计 .....	138
4.3 膜-基结构失效模式 .....	140
4.3.1 膜-基结构断裂机理 .....	140
4.3.2 膜-基结构裂纹扩展 .....	144
4.3.3 膜-基结构分层行为 .....	145
4.3.4 膜-基结构竞争断裂行为 .....	146
4.4 膜-基结构弯曲 .....	147
4.4.1 薄膜弯曲 .....	147
4.4.2 膜-基结构的弯曲 .....	148
4.4.3 薄膜边缘的应力集中 .....	150
4.5 膜-基结构屈曲 .....	151
4.5.1 屈曲基本理论 .....	151
4.5.2 膜-基结构的单向屈曲 .....	152
4.5.3 膜-基结构的双向屈曲 .....	155
4.5.4 膜-基结构后屈曲分析 .....	157
4.5.5 薄膜几何尺寸对膜-基结构屈曲的影响 .....	159
4.5.6 膜-基结构可控屈曲 .....	163
4.5.7 膜-基界面结合缺陷诱导屈曲 .....	164
4.6 膜-基结构机械性能测量与表征 .....	166
4.6.1 X射线衍射法表征残余应力 .....	166
4.6.2 微拉曼光谱散射测残余应力 .....	168
4.6.3 拉伸法表征膜-基界面机械性能 .....	169
4.6.4 划痕法表征膜-基界面机械性能 .....	170
4.6.5 压痕法表征薄膜机械性能 .....	171
4.6.6 弯曲测试法表征薄膜机械性能 .....	174
4.6.7 剪切法表征膜-基界面机械性能 .....	176
4.6.8 屈曲测试法表征薄膜机械性能 .....	177
参考文献 .....	179
<b>第5章 薄膜沉积与器件封装</b> .....	<b>184</b>
5.1 引言 .....	184
5.2 物理气相沉积 .....	185
5.2.1 常规物理气相沉积 .....	185
5.2.2 离子镀 .....	188
5.3 化学气相沉积 .....	190
5.3.1 热激活化学气相沉积 .....	192

5.3.2	等离子体增强化学气相沉积 .....	193
5.3.3	金属有机化合物化学气相沉积 .....	194
5.3.4	光辅助化学气相沉积 .....	195
5.3.5	分子束外延生长工艺 .....	196
5.4	原子层沉积 .....	197
5.5	薄膜封装 .....	200
5.5.1	柔性电子器件封装要求 .....	200
5.5.2	柔性电子器件失效原因 .....	205
5.5.3	薄膜封装工艺 .....	206
5.5.4	薄膜封装中的干燥剂集成 .....	215
5.6	薄膜阻隔性能检测 .....	216
5.6.1	湿度传感器法 .....	216
5.6.2	称重法 .....	217
5.6.3	钙测试法 .....	218
5.6.4	质谱法测量 .....	220
5.6.5	氧等离子体 .....	221
	参考文献 .....	221
<b>第6章</b>	<b>微纳图案化工艺</b> .....	<b>227</b>
6.1	引言 .....	227
6.2	光刻工艺 .....	228
6.3	印刷工艺 .....	230
6.4	软刻蚀工艺 .....	232
6.4.1	弹性软图章制备 .....	233
6.4.2	微接触印刷工艺 .....	234
6.4.3	转移印刷工艺 .....	236
6.5	纳米蘸笔直写工艺 .....	239
6.5.1	工艺原理 .....	239
6.5.2	热蘸笔直写工艺 .....	242
6.5.3	电镀蘸笔直写工艺 .....	243
6.5.4	纳米自来水笔直写工艺 .....	244
6.5.5	DPN 技术的阵列化 .....	245
6.6	纳米压印工艺 .....	247
6.6.1	纳米压印工艺机理 .....	249
6.6.2	热压印工艺 .....	252
6.6.3	紫外压印工艺 .....	255

6.7	激光直写技术 .....	256
6.8	喷墨打印工艺 .....	259
6.8.1	传统喷墨打印工艺 .....	260
6.8.2	电流体动力喷印工艺 .....	262
	参考文献 .....	270
<b>第7章</b>	<b>卷到卷制造技术</b> .....	<b>279</b>
7.1	R2R 制造工艺概况 .....	279
7.1.1	R2R 制造的优势与挑战 .....	279
7.1.2	典型 R2R 系统组成 .....	281
7.2	R2R 制造对器件性能的影响 .....	285
7.2.1	R2R 工艺对几何参数的影响 .....	286
7.2.2	R2R 对器件电参数性能的影响 .....	289
7.2.3	R2R 工艺对器件可靠性的影响 .....	291
7.3	R2R 系统张力控制 .....	293
7.3.1	基板张力波动机理 .....	293
7.3.2	R2R 基板张力波动控制 .....	300
7.3.3	基板张力分布控制 .....	303
7.4	R2R 系统纠偏控制 .....	305
7.4.1	基板横向动力学建模 .....	305
7.4.2	R2R 基板纠偏装置 .....	309
7.4.3	纠偏控制方法 .....	312
7.5	R2R 集成制造系统 .....	314
7.5.1	R2R 薄膜沉积系统 .....	314
7.5.2	R2R 印刷制造工艺 .....	316
7.5.3	R2R 与纳米压印/微接触印刷 .....	320
7.5.4	R2R 流体自组装 .....	324
	参考文献 .....	325
<b>第8章</b>	<b>柔性电子应用</b> .....	<b>332</b>
8.1	概述 .....	332
8.2	柔性显示 .....	333
8.2.1	电子纸 .....	334
8.2.2	柔性 AMOLED .....	338
8.2.3	可延展 OLED .....	342
8.3	柔性能源 .....	345
8.3.1	柔性薄膜太阳能电池 .....	346

---

8.3.2 智能服装 .....	350
8.3.3 可延展电池 .....	351
8.4 柔性通信 .....	358
8.4.1 柔性 RFID .....	358
8.4.2 可延展流体天线/导体 .....	359
8.4.3 柔性通信雷达 .....	363
8.5 柔性传感 .....	365
8.5.1 人造电子皮肤 .....	365
8.5.2 柔性光电传感器 .....	368
8.5.3 柔性驱动 .....	372
8.6 柔性医疗 .....	374
8.6.1 柔性智能服饰 .....	375
8.6.2 柔性植入式器件 .....	377
8.6.3 表皮电子 .....	378
参考文献 .....	381
附录 中英文对照表 .....	387
索引 .....	394



# 第 1 章 柔性电子技术概述

## 1.1 引 言

柔性电子(flexible electronics)技术是当今最令人激动和最有前景的信息技术(information technology, IT)之一,受到学术界和工业界的广泛关注。柔性电子技术目前处于起步阶段,还没有统一的定义,不同领域的定义和内涵也不尽相同。柔性电子是建立在可弯曲或可延展基板(塑料基板、金属薄板、玻璃薄板、橡胶基板等)上的新兴电子技术,即将主动/被动的有机/无机电子器件制作在柔性基板(flexible substrate)上的技术及其应用,要求柔性电子产品在弯曲、卷曲、压缩或拉伸状态下仍能正常运行。从制造工艺方面考虑,采用印制工艺,如喷墨打印(inkjet printing)、丝网印刷(screen printing)、纳米压印(nanoimprint)或软刻蚀(soft lithography)等工艺,在柔性基板上制备电子电路,称为印制电子;从功能材料方面考虑,采用塑料、有机材料和聚合物作为功能层制备电子器件,称为塑料电子(plastic electronics)、有机电子(organic electronics)或聚合物电子;从产品尺寸方面考虑,在柔性基板上制作面积较大的电子器件,如显示器、传感器等,则称为宏电子(macro electronics)或大面积电子等。尽管目前还没有统一明确定义,但是随着电子科技的不断进步与完善,对电子产品越来越强调人性化、移动化,轻、薄、短、小已成为发展趋势。柔性电子产品更省电、更便宜、更多样化,而且操作简单、容易携带,更符合人体工程学设计。

自 1962 年首次在半导体(semiconductor)上制作晶体管开始,微电子技术主宰了过去 50 年电子工业的发展,成为通信和网络技术的核心,在国民经济、国防建设等领域中发挥着重要的作用。微电子技术以减小功能元器件特征尺寸、提高集成度为主要驱动力,达到增加运行速度和计算能力、降低操作电压的目的。传统微电子采用较硬的硅基板或平面玻璃,产品形状固定而坚硬,虽然有利于保护电子元器件,使其在使用中不会轻易损坏,但不可避免地制约了产品的延展性、柔韧性以及产品开发的灵活性和应用范围。20 世纪 60 年代开始对有机材料电学性能进行研究,20 世纪 70 年代以来,光导有机材料、导电聚合物、共轭半导体聚合物等的相继发现,极大地促进了有机/柔性电子的发展。低成本产品是电子领域发展的主要驱动力,要求低成本材料、低成本工艺、高生产率制造,如卷到卷(roll-to-roll, R2R)制造平台,集成了真空沉积、光刻(lithography)和印制等工艺平台。

柔性电子不仅注重于集成度和性能的提高,而且注重向超轻、超薄、耐摔、耐冲